MÉTODO PARA ESTIMAR VAZÕES MÁXIMAS EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS SEM DADOS HISTÓRICOS

Valdemir ANTONELI[1]
Nelson DOUHI[2]

RESUMO

As vazões máximas são muito relevantes para elaboração de projetos ligados ao dimensionamento e retificação de canais fluviais, normalmente em casos de ocorrência de alagamentos em bacias hidrográficas urbanizadas. Atualmente, existem disponíveis uma série de metodologias para a estimativa dos picos de cheia em grandes bacias hidrográficas, as quais, de modo geral, podem ser calculadas por meio de procedimentos como: fórmulas empíricas, métodos estatísticos, método racional e métodos hidrometeorológicos. Em se tratando de monitoramento de vazões máximas em pequenas bacias hidrográficas, estes métodos nem sempre são eficazes, devido ao rápido poder de resposta fluvial em relação à entrada de energia na bacia, tendo como fator de interferência direta no tempo de concentração, as altas taxas de impermeabilização das cidades brasileiras. A metodologia proposta contribui principalmente nos casos em que não há disponibilidade de recursos para instalação um posto de monitoramento com linígrafos e pluviógrafos. Para estes casos, buscamos desenvolver o método de monitoramento de vazão em pequenas bacias sem dados históricos, como um modelo adaptado de procedimentos e técnicas mais baratas, porém eficazes.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da variabilidade espacial e temporal de vazões em cursos d'água é de extrema importância para o planejamento, elaboração de projetos, operação de sistemas de controle e utilização de recursos hídricos e, neste sentido, a Hidrologia Aplicada sugere regionalização de vazões como uma das técnicas utilizadas para suprir a carência de informações hidrológicas em locais como pouca ou nenhuma disponibilidade de dados.

O monitoramento convencional de pequenas bacias hidrográficas implica na necessidade do uso de linígrafos, pluviógrafos, manutenção especial e constante. Segundo Silveira e Tucci (1998), para instalar uma estação hidrométrica, é preciso de recursos para a aquisição e manutenção destes equipamentos, sem falar nos riscos que o pesquisador corre em relação à depredação dos equipamentos instalados.

Os modelos de regionalização utilizam técnicas estatísticas para relacionar a variável dependente, no caso a vazão, com variáveis independentes que podem ser representadas por variáveis climáticas ou parâmetros fisiográficos da bacia em questão.

Vários aspectos fisiográficos da bacia, tais como área, perímetro, forma, densidade de drenagem, declividade do rio, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, entre outros, permitem estabelecer relações com as vazões observadas nos cursos d'água. A preferência pelos métodos estatísticos, é quando se dispõe de dados fluviométricos, e pelos métodos hidrometeorológicos, quando há carência de dados ou quando se deseja determinar os

[1] Mestre em Análise Ambiental e Regional – UEM- Universidade Estadual de Maringá Pr. Domingos Luiz de Oliveira ,1987 – Centro, Prudentópolis – Pr. CEP. 84400-000. vdantoneli@pop.com.br
[2] Mestre em Análise Ambiental e Regional – Universidade Estadual de Maringá – Prof. Colaborador da União Educacional do Médio Oeste Paranaense – UNIMEO, Assis Chateaubriand – Pr. Goiás, 787 – Country, Cascavel - Pr. CEP. 85813-070 nelsondouhy@pop.com.br

valores das vazões mínimas, médias e máximas. Como geralmente não se dispõe de uma série de vazões observadas em uma pequena bacia, considerando que estes estudos ainda se apresentam numa fase inicial, uma das alternativas é se trabalhar com o cálculo das vazões instantâneas, haja vista, que as respostas fluviais de uma pequena bacia são rápidas e irregulares. Em geral, as vazões são representadas através de seus picos instantâneos. Quando não se dispõe de estações com dados de linigramas, um dos métodos mais utilizados é a estimativa destes valores através de equações empíricas disponíveis na literatura. Dentre os mais utilizados, destaca-se Sangal (1983).

Segundo Fill, (2002), em geral, a validade das fórmulas empíricas é limitada aos locais para os quais foram obtidas. Em particular, nos métodos estatísticos, a análise de freqüência é realizada a nível local e regional.

Estudos hidrológicos são baseados em informações de vazão, precipitação e outras variáveis. A curva-chave (curva de descarga), forma universal de obter-se valores instantâneos de vazão a partir de informações de níveis, exige um grande número de medições em campo, via de regra realizadas em caráter eventual por ocasião da visita a estação, de modo que a faixa de vazões medidas é em geral muito inferior a amplitude dos níveis atingidos pelo rio, criando assim a necessidade de extrapolação da relação cota-descarga para os trechos não medidos. Entre os diversos métodos de extrapolação destacam-se aqueles que levam em consideração parâmetros baseados na hidráulica de canais e características geométricas como, raio hidráulico, área e perímetro molhados do local de medição. Para seções com medições de vazão cobrindo uma grande faixa de variações de nível, a obtenção destas extrapolações é relativamente tranqüila e métodos baseados na geometria da seção. Em cada um dos eventos é estimado o tempo de ascensão e descida do hidrograma, para que se verifique se é possível adotar um tempo médio ou a envoltória dos hidrogramas. Para a obtenção do hidrograma de enchente trabalha-se com os hidrogramas normalizados. Quando são utilizados dados horários, ou seja, dados próximos aos instantâneos é comum dividir as ordenadas dos hidrogramas adimensionais pela vazão média diária de uma ou duas leituras e após corrigir as ordenadas pelo valor máximo das médias móveis de 24 horas. Na ausência de dados horários de vazão, o pico de enchente é analisado, geralmente, na análise de freqüência de vazões máximas, através de algum método apropriado que utilize as vazões médias diárias.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Existem várias metodologias embasadas nos mais diversificados equipamentos, para monitorar e calcular a vazão em uma bacia hidrográfica. Porém, quando se trata da obtenção dos valores referentes à vazão de uma pequena bacia, muitas vezes é preciso extrapolar algumas variáveis por falta de monitoramento no campo e principalmente pela falta de dados históricos que permitam comparativos de análise.

Entre os inúmeros equipamentos de coleta de dados de vazão, podemos citar os vertedores e as calhas medidoras.

Para Martins e Paiva (2001), sempre que possível é vantajoso ter uma estrutura de medição pré-calibrada de seções de controle que fornece uma relação entre profundidade e vazão. Estas estruturas são de modo geral, adequadas para pequenas e médias bacias. Mas em alguns casos se torna difícil calcular a vazão máxima devido aos picos de cheias que acabam transbordando a própria calha (Figura 1).

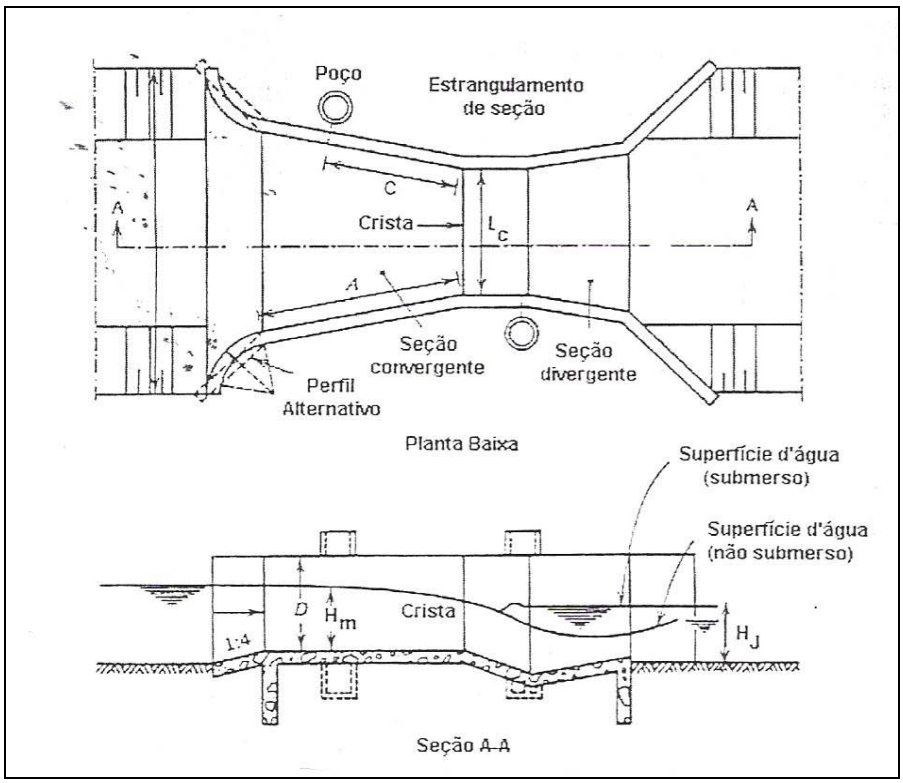

Figura 1: Representação de um medidor do tipo Parshall. Adaptado de Wanielista, (1990).

Um dos métodos mais utilizados também para a coleta dos dados diários de vazão é em relação à construção de vertedores sobre o canal fluvial.

Segundo Martins e Paiva (2001), de maneira geral, todo obstáculo no fundo de qualquer canal que cause a aceleração do escoamento enquanto passa por cima deste obstáculo é considerado um vertedor, (Figura 2).

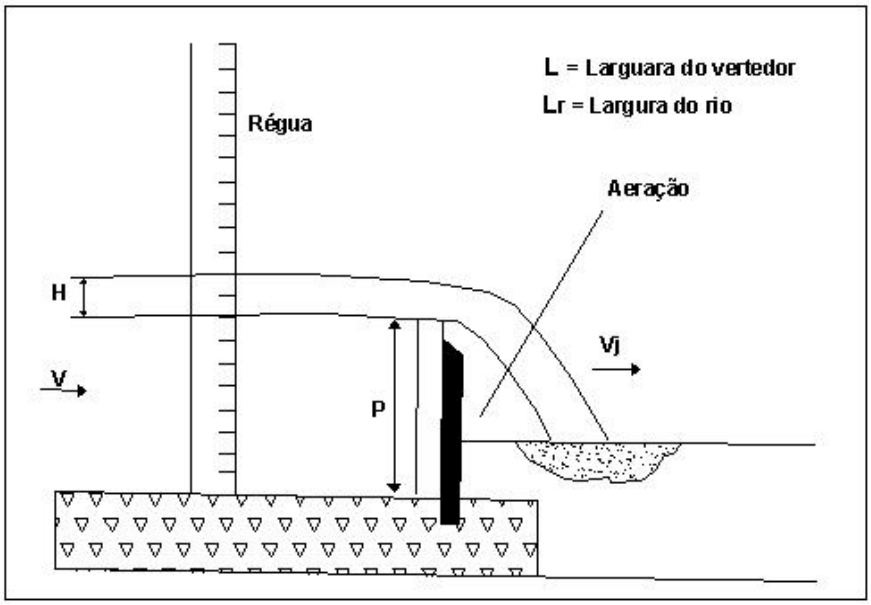

Figura 2: Representação esquemática de um vertedor retangular de parede delgada. Adaptado de Martins e Paiva, (2001).

Por outro lado, tanto a calha quanto os vertedores apresentam algumas dificuldades de coleta dos dados de vazão, principalmente em canais fluviais de planície onde as calhas são baixas e sujeitas à inundação e em muitos casos a força da água acaba rompendo estas barreiras construídas transversalmente no canal. Outro problema é em relação ao depósito

de sedimentos na calha em conseqüência da construção desta pequena barragem, no qual acabam interferindo na leitura diária da régua fixada sobre o vertedor.

Outro método muito utilizado para modelar a vazão de uma bacia hidrográfica é a utilização de limnígrafos, os quais são instalados no canal fluvial e monitorados diariamente.(Figura 3).

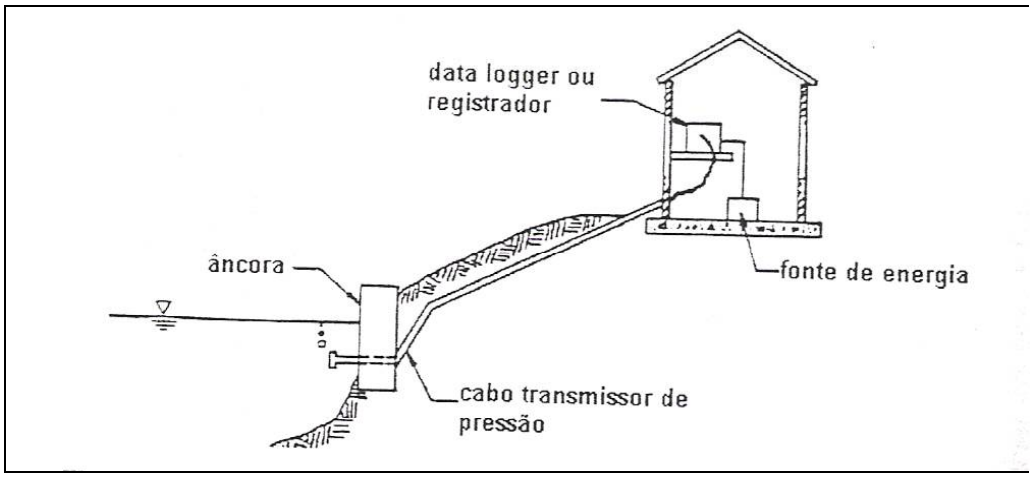

Figura 3. Esquema de um posto fluviométrico para limnímetro de pressão. Adaptado de Martins e Paiva, (2001).

Para realização de pesquisas com as metodologias mais difundidas é necessariamente dispendioso, porém boa parte dos pesquisadores, principalmente de graduação não dispõe de recursos suficientes para instalar equipamentos disponíveis que possibilitem o monitoramento das variáveis necessárias para sua pesquisa. Estes problemas se tornam mais graves principalmente quando as pesquisas são efetuadas em pequenas bacias hidrográficas. Então é preciso adaptar alguns equipamentos para que os resultados se tornem satisfatórios. Neste caso procurou-se adaptar um método simples e barato, mas com eficiência satisfatória no monitoramento da vazão diária e dos picos de cheia de uma pequena bacia hidrográfica, através da régua fluviográfica de máximas.

Esta metodologia de monitoramento da vazão diária foi desenvolvida considerando dois fatores relevantes; primeiro: a falta de recursos para a aquisição de equipamentos necessários para a coleta dos dados; segundo: estar relacionada com a ocorrência de eventos pluviométricos para os quais o tempo de resposta dos picos de cheia é muito rápido. Nestes casos existe uma enorme dificuldade para calcular os picos de cheia quando na ocorrência de precipitações noturnas, pois até o dia seguinte o nível do canal retorna ao normal.

A régua fluviométrica de máximas (Figura 4), consiste num equipamento confeccionado em madeira com dispositivos de coleta de água de um centímetro de diâmetro, fixados na diagonal e uma trena acoplada que determina o nível máximo atingido pela lâmina d'água. A régua é colocada dentro de uma caixa de madeira, com tampa removível em sua extremidade superior e orifícios nas laterais para permitirem a passagem da água, garantindo assim a medida do nível atingido pela lâmina d'água. A instalação é feita, fixando uma haste de madeira no leito do rio com concreto e, a esta, a caixa onde está a régua. A régua deve ser alocada com base na determinação do nível médio do rio. O local de instalação deve apresentar as características mais comuns do rio, como: largura, velocidade, profundidade e forma de canal bem representativos. As medidas de nível do rio obedeceram aos mesmos intervalos das medidas do pluviômetro, permitindo assim uma correlação e análise integrada dos dados. Esse procedimento foi uma forma encontrada para monitorar o pico de cheia de um determinado evento pluviométrico, pois quando sobe o nível da água, esses dispositivos (pedaços de canos) vão ficando submersos e quando o nível volta ao normal eles ficam cheios de água e com isso pode se avaliar o pico da cheia.

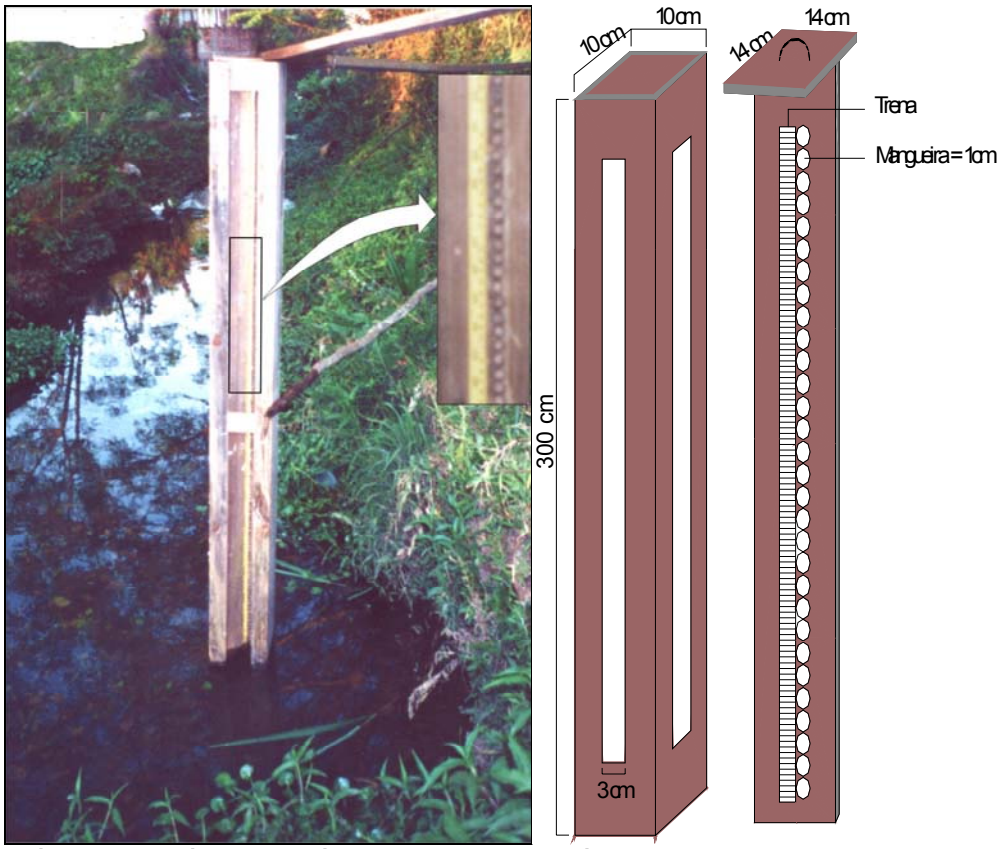

Figura 4: Régua fluviométrica de máximas com leituras diárias. Modelo e foto de instalação: Douhi. N. –2004.

Na figura 6, pode-se demonstrar como é o procedimento das coletas de dados. Quando ocorre a elevação do nível da água, os dispositivos fixados que estão acoplados na régua ficam submersos e, quando o fluxo volta ao normal estes dispositivos, retêm a água, facilitando a análise do pico de cheia. Através deste método, pôde-se calcular a vazão destes picos máximos, pois com os dispositivos fixados na régua, são obtidos valores dos níveis atingidos os quais juntamente com as medidas de área molhada e velocidade de fluxo permitem identificar os valores para cada evento. Porém, para a instalação da referida régua é necessário calibra-la com medidas de vazão em diferentes níveis.

É importante lembrar que para estimar a vazão após a leitura da régua é preciso coletar os índices de velocidade do fluxo, que neste caso foram coletados através de flutuadores segundo metodologia citada por CUNHA (1996).

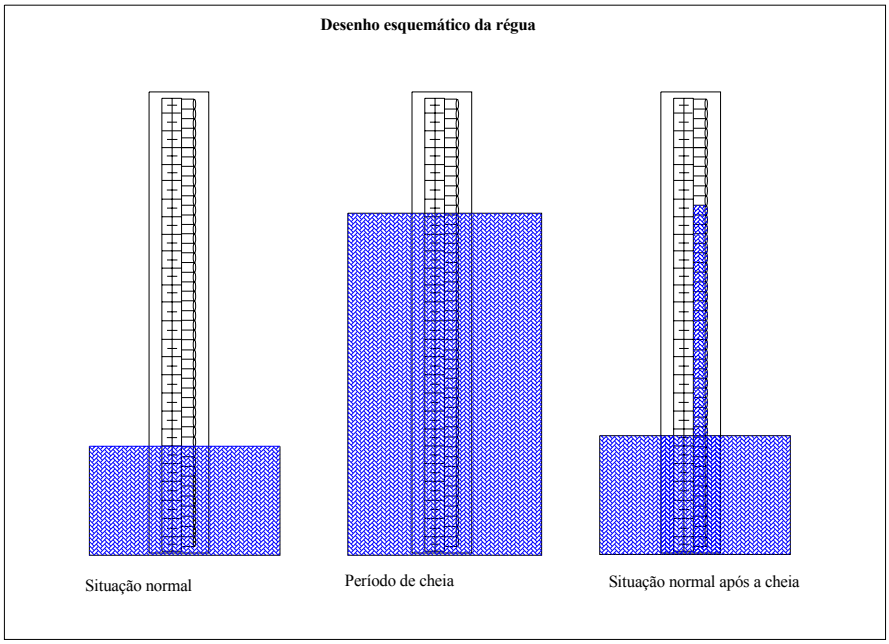

Figura 6 - Comportamento da régua quanto ao pico de cheia. Elaborado por Antoneli. V (2004)

As vazões podem ser determinadas com base no método de cálculo de velocidades, com flutuador artificial apresentado por Pierre (1997), que consiste na definição de pontos de referência nas margens do rio, cronometrando o tempo de percurso da distância estabelecida. Para aferir os resultados, é importante que se comparem valores de vazão obtidos com base em medidas de velocidades feitas com molinete. A vazão obtida pelo método do flutuador resultará da equação da continuidade:

$$Q = V.A$$

$$Q = (C).\frac{L.P}{T}$$

$$Q = \frac{C.L.P}{T}$$

Onde: Q = Vazão;

V = Velocidade média do escoamento;

A = Área da seção transversal;

L = Largura média;

P = Profundidade média;

C = Comprimento da seção de referência;

RESULTADOS

Com relação ao método, este se mostrou uma ferramenta de extrema importância na investigação para cálculos de vazões máximas. Em função do baixo custo de instalação e dos resultados satisfatórios, a metodologia para estimar vazões máximas pode servir de apoio para muitos projetos que atualmente vem sendo desenvolvidos em bacias hidrográficas, principalmente em bacias com rios de pequena ordem. Outro fator importante

é a facilidade de acompanhamento e coleta dos dados, considerando que não há necessidade de estar presente no momento da ocorrência da chuva.

Os resultados das vazões máximas também oferecem a condição de estabelecer correlações com os registros pluviométricos feitos a partir de pluviógrafos, possibilitando assim, modelagens hidrológicas que permitem estudos preventivos e planejamento nos casos em que ocorrem riscos ligados a alagamentos.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V. Avaliação hidro-sedimentológica da bacia do Arroio Boa Vista Município de Guamiranga- Pr. Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Maringá- UEM. 2004.

DOUHI, N. Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do Rio Xaxim – Prudentópolis –Pr. Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Maringá- UEM. 2004.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In GUERRA, A. T. G. e CUNHA, S. B. Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

FILL, H. D. Estimativa do Hidrograma de enchente a partir de vazões médias diárias. REVISTA DA ABRH 2002.

MARTINS, E. S. P. R; PAIVA, J. B. D. Quantidade dos recursos hídricos *In.* PAIVA, J. B. D; PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia aplicada a gestão de pequenas bacias hidrográficas. 2001.

PIERRE, C. Aquisição e processamento de dados. *In* Hidrologia: Ciência e aplicação. (Org.). TUCCI, C. E. M. 2ª ed Editora da Universidade: ABRH, Porto Alegre, 1997.

SANGAL, B. P. (1983). Practical methods of estimating peak flow. JOURNAL OF HIDRAULIC ENG., v. 109, n. 4, pp. 549-563.

SILVEIRA .G. L ; TUCCI. C. E. M. Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa da disponibilidade hídrica. Revista BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS RBRH, v3 nº 3 Jul/Set 1998.

WANIELISTA, M. Hidrology and water quality control. John – Wiley and Sons. New York. p. 565. 1990.